

OTT SVR 100 – Radar de velocidad superficial para canales abiertos



Imagen 1: OTT SVR 100 con soporte ajustable

Introducción

La medición de las velocidades superficiales para determinar el caudal en ríos y canales abiertos es uno de los métodos de medición más antiguos en la hidrometría, comprobado y sencillo usado desde hace siglos con la ayuda de flotadores. La determinación del caudal mediante la medida de la velocidad superficial está cubierta por diversos estándares y pautas hidrométricas tales como la ISO 748 “Hidrometría – Medición de caudal en canales abiertos empleando molinetes o flotadores”. Mientras que los flotadores son aplicables para mediciones puntuales, solo el radar de velocidad superficial ofrece mediciones en continuo de gran precisión, bajo consumo, sin contacto y con un mantenimiento mínimo. Además, las mediciones sin contacto tienen una gran ventaja, y es que no se ven afectadas por sedimentos, barro o arrastres que puedan estar en el agua.

Principio de Medición de Velocidad

El OTT SVR 100 utiliza la última tecnología de radar, resultando en unas mediciones altamente precisas, que no se ven afectadas por factores externos como la temperatura, la humedad o la densidad del agua. Orientado paralelamente a la dirección de la corriente principal y con una inclinación nominal sobre la superficie del agua de 30 grados, está transmitiendo y recibiendo ondas electromagnéticas. Si la superficie del agua es irregular y está en movimiento, el eco vuelve con un cambio en la frecuencia con respecto a la longitud de la onda. (efecto Doppler). A partir de esta información podemos obtener la velocidad superficial del agua (imagen 2).

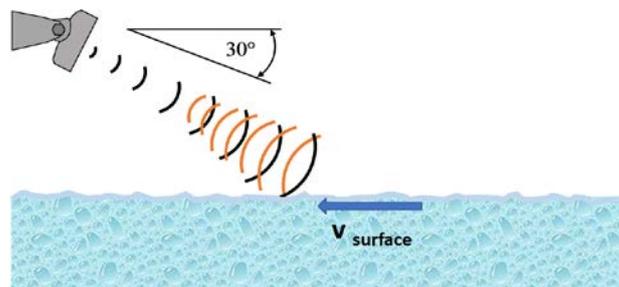


Imagen 2: OTT SVR 100 principio de medición de velocidad

La superficie de canales abiertos y ríos suele ofrecer cierto grado de irregularidad. Incluso las olas más pequeñas que posiblemente no se aprecian a simple vista, reflejan las ondas del radar de vuelta al sensor. No obstante, se requiere una altura de onda mínima de 1 mm para poder proporcionar datos de medición fiables.

Orientación del Sensor, Dirección de la Corriente y Área de Medición

Para lograr la precisión especificada, es importante tener cuidado a la hora de evaluar y seleccionar la sección donde se va a medir, e instalar el sensor con el ángulo apropiado de inclinación. Mientras que el ángulo de inclinación es ajustable en un rango de 20° a 60° (imagen 3), el ángulo óptimo estaría entre los 30° y 45°.

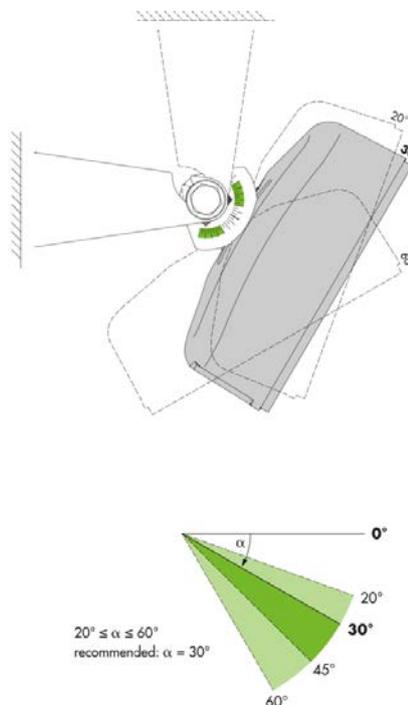


Imagen 3: OTT SVR 100 alineación del instrumento

Una escala graduada en el soporte ajustable facilita la alineación del sensor en el sitio. Por favor, tenga en cuenta que

se recomienda un ángulo de 30° y se considera la mejor configuración para la mayoría de las aplicaciones. Se recomienda, además, que el ángulo de inclinación no supere los 45°. El instrumento debería estar orientado en paralelo a la dirección de la corriente principal y orientado aguas arriba, de modo que el agua fluya hacia el sensor.

El OTT SVR 100 está equipado con un sensor de inclinación. La inclinación medida (*tilt angle*) es transmitida por el instrumento al registrador de datos con cada valor medido y se mostrará también en el software operativo del OTT SVR 100. Se recomienda encarecidamente comprobar la inclinación medida por el instrumento en el momento de su instalación. La medición de la inclinación se usa internamente para la compensación automática del coseno de la velocidad.

La altura del instrumento sobre la superficie del agua y la inclinación, determinan el área cubierta por el haz del radar (*footprint*). El área de medición debe estar libre de obstáculos y vegetación ya que eso podría afectar a la precisión de la medición.

El haz del radar cubrirá un área elíptica sobre la superficie del agua y medirá la velocidad promedio de esta área. El OTT SVR 100 utiliza complejos filtros Kalman con modelos matemáticos para proporcionar mediciones estables incluso en condiciones turbulentas. Sin embargo, si el agua está revuelta, podrían darse fluctuaciones en los datos y por tanto una pérdida de precisión. Si se puede esperar un flujo turbulento en la estación de medición, entonces la longitud del filtro del radar debe configurarse a 120 o más.

La imagen 4 ilustra las dimensiones de la huella dependiendo de la altura del sensor y el ángulo de inclinación. En la tabla 1 mostramos los valores de las dimensiones de la huella del radar para diferentes alturas y ángulos de instalación.

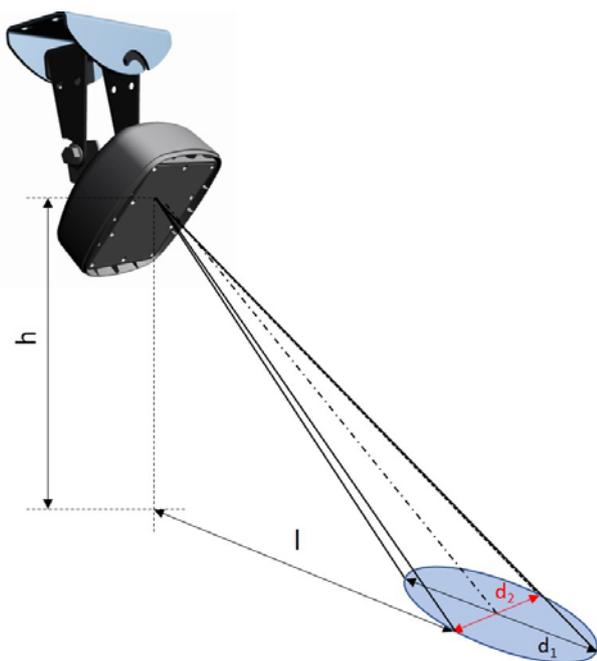


Imagen 4: OTT SVR 100 área de medición sobre la superficie del agua

Tabla 1: Dimensiones de la huella del radar

Angel [°]	30°			45°			60°		
Heigth h [m]	l [m]	d1 [m]	d2 [m]	l [m]	d1 [m]	d2 [m]	l [m]	d1 [m]	d2 [m]
1	1,7	2,0	0,4	1	0,9	0,3	0,6	0,6	0,2
2	3,5	3,9	0,8	2	1,8	0,6	1,2	1,2	0,5
3	5,2	5,9	1,3	3	2,7	0,9	1,7	1,7	0,7
4	6,9	7,9	1,7	4	3,6	1,2	2,3	2,3	1,0
5	8,7	9,8	2,1	5	4,5	1,5	2,9	2,9	1,2
6	10,4	11,8	2,5	6	5,3	1,8	3,5	3,5	1,5
7	12,1	13,8	2,9	7	6,2	2,1	4,0	4,0	1,7
8	13,9	15,7	3,4	8	7,1	2,4	4,6	4,6	1,9
9	15,6	17,7	3,8	9	8	2,7	5,2	5,2	2,2
10	17,3	19,7	4,2	10	8,9	3	5,8	5,8	2,4

El caudal en la sección de instalación debe ser lo más uniforme posible. Obtendremos mediciones fiables si el cauce es recto y el agua fluye paralela a las orillas. Norma general: podemos asumir que el agua fluye paralela a las orillas, si el curso es recto desde una distancia de 5 – 10 veces el ancho del canal aguas arriba y el doble aguas abajo.

La uniformidad del flujo del agua es el factor más importante para obtener mediciones precisas y fiables. Deben evitarse las turbulencias, y en particular las macro-turbulencias (por ejemplo: vórtices, etc.). Al ajustar el ángulo de inclinación del radar y la posición del instrumento, es posible seleccionar el área óptima sobre la superficie del agua, desde donde se tomarán las mediciones.

Es importante entender que el agua es un medio muy reflectante para las ondas de radio. Cuanto el haz del radar golpea la superficie, la mayor parte de la energía del radar se reflejará y dispersará hacia todas las direcciones posibles, tan sólo una pequeña porción volverá al sensor. Esta pequeña parte de ondas que vuelven al sensor, se utilizan para medir la velocidad superficial. La cantidad de energía reflejada depende de la rugosidad de la superficie del agua. Para el correcto funcionamiento del radar, es necesario que haya pequeñas olas en la superficie del agua. El SVR 100 necesita una altura de ola mínima de tan solo 1 mm ya que emplea receptores extremadamente sensibles.

El beneficio de usar este tipo de receptores es que ofrecen la capacidad de medir velocidades bajas con una rugosidad superficial mínima. La desventaja es que el radar es susceptible a los efectos multi trayectoria que pueden darse en algunos puntos concretos cuando parte del haz golpea la superficie del agua, se refleja hacia otro objeto cercano, cómo, por ejemplo, un puente, y luego vuelve hacia el radar. En la mayoría de los puntos de instalación, el efecto multi trayectoria es inexistente.

Lluvia y viento

El OTT SVR 100 dispone de filtros internos para reducir los efectos de la lluvia, la niebla o el viento. Estos filtros, sin embargo, tienen ciertas limitaciones. La mayoría de las imprecisiones en las mediciones causadas por factores ambientales, se pueden evitar con una instalación concienzuda del sensor.

Para suprimir el efecto de la lluvia, la solución más efectiva es instalar el radar orientado aguas arriba y de forma que el agua

fluya hacia el sensor. Cuando cae la Lluvia, como el radar está inclinado hacia abajo, las gotas de lluvia se alejarán del radar, mientras que la corriente fluye hacia el equipo. El radar puede distinguir fácilmente el movimiento del agua del movimiento de la lluvia. Para mejorar aún más el filtrado de la lluvia, el radar debería programarse para medir únicamente en una dirección. En este caso, el radar ignorará cualquier otro movimiento que vaya en dirección contraria al sensor. Por supuesto, es posible que, en algunos puntos de medición, el agua fluya en ambas direcciones. Para estos sitios, el radar debería configurarse activando la función de “ambas direcciones”.

Puede reducirse aún más el efecto de la lluvia instalando el radar bajo una estructura, de forma la zona inmediatamente frente al sensor esté cubierta. La energía del haz cae exponencialmente con la distancia, el radar es más sensible a la lluvia que cae directamente frente al él. Si el equipo se instala bajo un puente, siempre que sea posible, debería instalarse de manera que el puente ofrezca cobertura al sensor, en lugar de en la barandilla o en el lateral del puente.

Las ondas de la superficie del agua y sus velocidades también pueden verse influenciadas por el viento. Dependiendo de la dirección del viento, la velocidad de las aguas superficiales puede incrementarse o disminuirse. En la mayoría de los casos, la influencia del viento en la precisión de los datos medidos es insignificante y puede compensarse fácilmente extendiendo el tiempo promedio de la medición. La única excepción son los vientos fuertes, ya que éstos generan olas superficiales que pueden ir en la dirección contraria a la corriente del agua.

Índice de vibración – Indicador de Calidad de Medición

Las vibraciones del sensor pueden afectar a las mediciones de cualquier radar que se encuentre instalado en un puente o soporte y tendrán una influencia directa en la calidad de la medición. Las principales causas de las vibraciones son el viento y el tráfico. El OTT SVR 100 detecta las vibraciones mediante un sensor de vibración integrado y proporciona información cualitativa sobre si el sensor está vibrando o no. Estos datos están disponibles en cada medición. A su vez, este indicador puede emplearse para decidir si la medición es fiable. El índice de vibración se da en un rango de 0 (sin vibraciones) a 3 (vibraciones muy fuertes – datos imprecisos).

Por ejemplo, cuando el radar se monta en un puente ferroviario (una aplicación muy común), las mediciones serán de una calidad excelente la mayor parte del tiempo, a excepción, de los momentos en los que un tren esté pasando el puente y éste sufra vibraciones intensas. En este caso, el radar seguirá informando de las mediciones, pero los valores podrían ser erróneos, y el índice de vibración aumentará hasta su valor más alto. Dependerá de cada usuario interpretar los valores de ese índice para su aplicación específica, pero una recomendación general es que los valores obtenidos con un índice de vibración con valor 3 no son fiables, con valor 2 son cuestionables y con valores 1 o 0 indican muy poca o ninguna vibración respectivamente, y por tanto son completamente fiables.

Intensidad de Señal

Una buena relación señal/ruido (*signal-to-noise ratio* - SNR) es el parámetro más importante de una señal de radar para proporcionar mediciones de velocidad superficial estables y precisas. Cuando se refleja más energía desde la superficie del agua hasta el sensor, la intensidad de la señal es más intensa. Cuando se refleja menos energía, como ocurre cuando la rugosidad de la superficie del agua es menor, la intensidad de la señal disminuye. Si la cantidad de ruido presente en la señal permanece igual, cuando la irregularidad de la superficie sea menor, la SNR disminuirá.

Para mejorar la SNR internamente, el radar utiliza un amplificador de ganancia programable (*programmable gain amplifier* - PGA). Si la intensidad de la señal reflejada es baja, el radar aumentará el nivel de ganancia en el PGA. Si la intensidad de la señal reflejada es mayor, el nivel de ganancia se reducirá automáticamente.

El mejor indicador de una buena señal es el valor del PGA. Este valor cambia automáticamente con el algoritmo de control de ganancia automático (*automatic gain control* - AGC) del radar. La ganancia mínima posible es 1 y la ganancia máxima posible es 200. Los mejores resultados de medición se obtienen cuando el nivel de ganancia PGA está entre 5 y 100 si la ganancia de PGA es inferior a 5, significa que la señal reflejada es muy fuerte y puede sobresaturar el receptor, lo que podría reducir la precisión. Se debe evitar la ganancia 200 ya que generalmente indica una muy baja reflexión de la superficie del agua.

El equipo proporciona un indicador de calidad de señal en cada medición. Indica la calidad de la señal en un rango de 0 (buena señal) a 3 (muy mala señal). Los valores 1 y 2 se generarán cuando se cambie la ganancia del amplificador interno (PGA) ya que durante ese tiempo hay algunas fluctuaciones en la señal. Además, los valores 1 y 2 aparecen a veces si hay algunas reflexiones extrañas de la superficie del agua que puedan hacer que las lecturas sean inexactas.

Interferencia y múltiples radares

El radar opera en banda K, en un rango de frecuencia de alrededor de 24,125 GHz. La estabilidad de la frecuencia y el ruido del oscilador interno son muy buenos y siempre son ajustados en fábrica para una frecuencia central precisa, pero incluso con el mejor ajuste posible y los osciladores más estables es muy poco probable que dos dispositivos funcionen en la misma frecuencia y causen interferencias. El efecto Doppler causado por el agua a velocidad hasta 15 m/s se mide en la frecuencia de kHz.

Como la interferencia entre dos o más radares OTT SVR 100 es muy poco probable, otras fuentes de radiación en la misma banda, como el OTT RLS, tampoco se verán afectadas. Es posible que algunas fuentes de radiación de banda ancha puedan introducir pequeñas interferencias e impulso durante cortos períodos de tiempo, pero es muy poco probable que afecte las mediciones generadas por el sensor de radar.

Fuente de Alimentación y Funcionamiento

Las características eléctricas (alimentación y consumo) del radar permiten el funcionamiento del equipo en sitios remotos donde no hay red eléctrica. El OTT SVR 100 puede ser apagado y encendido regularmente para ahorrar energía. Una vez se enciende el tiempo que tarda en medir es de 20 a 40 segundos, dependiendo de las características del sitio y las turbulencias en la superficie del agua. Este tiempo de ajuste permitirá que el sensor sintonice la ganancia programable, los filtros, los algoritmos de seguimiento y todos los demás sistemas adaptativos internos para obtener la mejor SNR y la mejor precisión de medición.

Cuando se combina con un registrador de datos que apaga completamente el sensor entre mediciones periódicas, el sensor puede funcionar con batería o energía solar sin problema.

Certificado de precisión

La precisión de las velocidades medidas ha sido probada en el laboratorio de Hidrometría del Instituto Federal de Meteorología (Federal Institute of Metrology METAS) en Suiza. La verificación de la velocidad se ejecutó en un tanque de calibración. El OTT SVR 100 montado en un carro remolcado se arrastró a través de agua estancada en el tanque en un rango de velocidad de 0,08 m/s hasta 2 m/s. La Tabla 2 representa parte de los resultados de la prueba de verificación.

Tabla 2: Verificación de precisión en METAS (una sección)

Position b (mm)	Date	Start Time	No. of measure	v-ref [m/s]	Object tested		
					Display (m/s)	U [m/s]	U [%]
1990	28.3.2018	17:07:03	3	0.50040	0.5040	0.00242	0.48
1990	28.3.2018	17:13:51	3	0.50040	0.5040	0.00242	0.48
1990	28.3.2018	17:08:36	2	0.70060	0.7010	0.00249	0.36
1990	28.3.2018	17:15:24	2	0.70060	0.7010	0.00249	0.36
1990	28.3.2018	17:25:54	3	0.80060	0.8000	0.00253	0.32
1990	28.3.2018	17:20:36	3	0.80060	0.8010	0.00253	0.32
1990	28.3.2018	17:31:12	3	1.00040	0.9860	0.01751	1.78
1990	28.3.2018	17:35:52	3	1.00040	0.9950	0.00260	0.26
1990	28.3.2018	17:41:02	2	1.50060	1.4870	0.00278	0.19
1990	28.3.2018	17:45:55	2	1.50060	1.4980	0.00278	0.19
1990	28.3.2018	17:50:44	1	2.00020	2.0070	0.00298	0.15
1990	28.3.2018	17:55:33	1	2.00030	1.9700	0.00296	0.15

Client OTT Hydromet GmbH, Ludwigstraße 16, 87437 Kempten

Last calibration First calibration

Remarks Firmware: 4.8.2
Distance to water surface: 190 cm
Angle: 30°

Annex to Annex A

Date of issue 28.3.2018

Head of the Laboratory Dr. Marc de Huu